

## ЖИВУЧЕСТЬ КОЛЬЦЕВОЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ

На сегодняшний день при построении мультисервисных сетей операторы связи в качестве транспортной сети передачи данных всё чаще выбирают разветвлённые SDH-структуры. Целью исследования является рассмотрение критериев надёжности кольцевой транспортной сети при построении мультисервисной сети – широкополосной цифровой сети с интеграцией служб (ШЦСИС).

Строительство синхронных цифровых систем передачи позволяет поновому подойти к организации структуры сети связи. Действительно, создание SDH привело к необходимости построения сетевых элементов, в которых произошла интеграция функций вставки и выделения контейнеров, с одной стороны, и функций кольца — с другой.

На сети линейной структуры с элементами вставки и выделения (рис. 1,а), трафик пропускается по цепи, образованной соединёнными между собой узлами, где обслуживание начинается или оканчивается на любом узле этой цепи.

Два концевых узла этой сети называются терминальными узлами и используют терминальные мультиплексоры (ТМ); промежуточные узлы этой сети называют узлами «вставить-выделить» и используют мультиплексоры «вставить-выделить» (МВВ; англ.: ADM — Add/Drop Multiplexor).

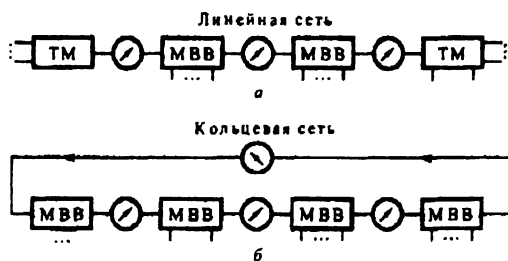


Рис. 1. Сеть линейной - а и кольцевой структуры - б с элементами вставки и выделения: ТМ — терминальный мультиплексор; МВВ — мультиплексор «выделить-вставить»

Под живучестью транспортной сети (ТС) обычно понимают способность сохранения вероятности связности ТС при ее деградации [2]. При уменьшении связности (обрыв линии) в некольцевых ТС обычно ухудшается GoS (качество обслуживания, англ. Grade of service). Переход же к кольцевым сетям при определенном уровне ее деградации позволяет сохранить GoS на определенном фиксированном уровне. Например, если ТС построена в виде кольца, как это было показано выше, то она устойчива к повреждению одного звена и при этом

сохраняет возможность обслуживания полного объема трафика с исходным качеством обслуживания.

Рассмотрим кольцо, имеющее  $S$  мультиплексоров (рис. 2).

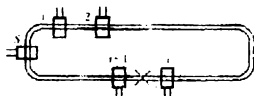


Рис. 2. Самовосстанавливающаяся кольцевая структура с  $S$  мультиплексорами

Предположим, что в один и тот же момент времени может произойти только одно повреждение на участках между мультиплексорами. Обозначим через  $t_d$  время безотказной работы звена между двумя смежными мульти-

плексорами. Тогда интенсивность потока повреждений  $\lambda_{0,i} = 1/t_d$ . Предположим также, что время восстановления подчиняется экспоненциальному закону с параметром  $t_v$ . Тогда живучесть кольца (рис. 2) можно описать терминами марковской модели случайного процесса. Марковская система в нашем случае имеет  $S+1$ -е состояние, из которых  $S_0$  — состояние отсутствия повреждений звеньев передачи между мультиплексорами (состояние работоспособности) и  $S_i$  — состояние повреждения звена между  $i$ -м и  $i+1$ -м мультиплексорами ( $i = 1, 2, \dots, S$ ). Стационарные вероятности пребывания в состояниях  $S_i$  можно определить как [1]:

$$P_i = \frac{\lambda_{0,i}}{\lambda_{0,i} \left( 1 + \sum_{j=1}^S \frac{\lambda_{0,j}}{\lambda_{j,0}} \right)} \quad (i=1, 2, \dots, S),$$

где  $\lambda_{0,i}$  — параметр потока повреждений на участке.

Вероятность работоспособного состояния кольца (отсутствуют повреждения)

$$P_0 = 1 + \sum_{i=1}^S \frac{\lambda_{0,i}}{\lambda_{i,0}}.$$

Вероятность того, что в кольце возникнет повреждение,  $P_{\Pi} = \sum_{i=1}^S P_i$ .

Для иллюстрации изменения живучести кольцевой ТС рассмотрим случай симметричного кольца, т. е. будем считать, что время безотказной работы  $t_d$  для всех звеньев кольца одинаково. Аналогично примем, что для каждого звена одинаково и время восстановления  $t_v$ . Тогда  $\lambda_{0,i} = \lambda_p = t_d^{-1}$  и  $\lambda_{i,0} = t_v^{-1}$  для всех  $i$ . Кроме того, для определенности будем считать, что число звеньев кольца  $S = 10$  [1].

Примем, что время безотказной работы звена  $t_d$  меняется в диапазоне 100–1000 дней, что соответствует изменению интенсивности потока повреждений  $\lambda_p = 0,001$ — $0,01$ , а время восстановления повреждения фиксировано

и равно  $t_v = 4$  ч. Для этих условий на графике, представленном на рис. 3, показано изменение вероятности пребывания кольцевой ТС в исправном состоянии.

Будем считать, что время безотказной работы  $t_w$  каждого из 10 звеньев ( $S=10$ ) составляет 365 дней. Время безотказной работы  $t_w$  меняется от 1 до 8 ч. Для этих условий график зависимости вероятности пребывания кольцевой ТС в исправном состоянии от изменения  $t_w$  представлен на рис. 4. Разница между значениями  $P_0(t_w)$  при  $t_w = 1$  и  $t_w = 8$  невелика. Она составляет примерно 0,2%, что говорит о незначительном при данных условиях снижении живучести кольцевой сети при увеличении времени восстановления звена в 8 раз.

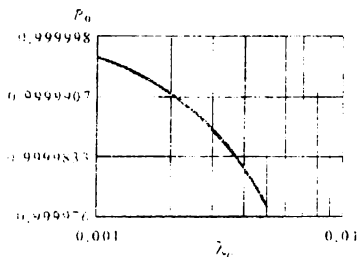


Рис. 3. Зависимость вероятности пребывания кольцевой ТС в исправном состоянии от изменения интенсивности потока повреждений при  $S=10$

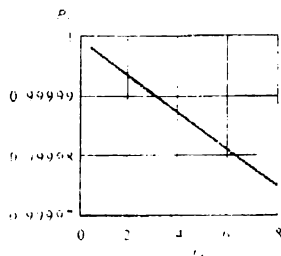


Рис. 4. Зависимость живучести кольцевой сети от времени восстановления при  $\lambda_p = 1/365$  и  $S=10$

Несколько иная ситуация создается, когда из строя выходит мультиплексор. В этом случае в мультиплексоре создается проключение, исключающее поврежденный мультиплексор (рис. 5).

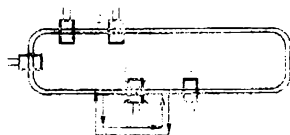


Рис. 5. Организация обхода при поврежденном мультиплексоре

При этом кольцо функционирует по-прежнему, однако поврежденный мультиплексор оказывается заблокированным. Все это, в конечном счете, обеспечивает сети SDN требуемую живучесть.

В ходе дальнейшего исследования предполагается детальное изучение живучести кольцевых структур различной топологии и применение различных алгоритмов моделирования топологии мультисервисной сети в зависимости от структуры оператора связи и специфики предоставляемых услуг.

1. Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети. М.: Изд-во МГУ им.Н.Э.Баумана, 2003. 432 с.

2. Ершов В.А., Ершова Э.Б., Кузнецов Н.А. Телекоммуникационные сети — тенденции развития. Ч. I. Интеграционные процессы в телекоммуникационных сетях. М: Труды МАС. 1997. № 4. С. 2—6.
3. Ким Л. Т. Синхронная цифровая иерархия // Электросвязь. 1996. № 6. С. 2—5.